

学校编码: 10384

密级_____

学号: 22420101151314

九龙江河口湿地动态变化及其对碳储量的影响

申晔

指导教师
黄金良 副教授

厦门大学

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

九龙江河口湿地的遥感监测与生态系统 服务价值动态评估

Remote Sensing of Estuarine Wetlands and Assessing the
Subsequent Dynamics of Ecosystem Services Values in the
Jiulong River Estuarine Wetlands

申 晔

指导教师姓名: 黄金良 副教授

专 业 名 称: 海 洋 地 质

论文提交日期: 2013 年 5 月

论文答辩时间: 2013 年 5 月

2013 年 5 月

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下，独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果，均在文中以适当方式明确标明，并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范（试行）》。

另外，该学位论文为()课题(组)的研究成果，获得()课题(组)经费或实验室的资助，在()实验室完成。（请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称，未有此项声明内容的，可以不作特别声明。）

声明人（签名）：

年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

（ ） 1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，
于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

（ ） 2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月 日

摘 要

河口湿地是地球上最重要的生态系统之一，碳储量是整个地球土壤库碳总量的20%-30%，对全球碳循环和全球气候变化都具有十分重要的影响。九龙江河口湿地具有巨大的生态系统服务、功能和价值，储存有大量的土壤有机碳和宝贵的蓝碳，随着工业经济的发展，九龙江河口湿地面临着越来越严重的威胁。因此，本文以九龙江流域河口为目标区，基于遥感技术提取河口区域湿地信息，剖析河口湿地生态系统服务价值、碳储量和蓝碳的动态变化，为全球变暖与碳循环研究提供湿地遥感监测方面的技术支撑，为湿地经济可持续发展提供依据。

本研究采用RS技术、景观生态学、环境经济学等方法，提取了1996年和2010年九龙江河口湿地空间信息，分析了九龙江河口湿地景观时空动态变化及其驱动机制。在此基础上，从整体上评估九龙江河口湿地生态系统服务价值，并基于碳储量、蓝碳的视角动态剖析了河口湿地在气候调节方面的生态系统服务、功能和价值，取得如下研究结果。

本研究构建了九龙江河口湿地的遥感监测分类方法。该方法综合应用单波段阈值法、多波段光谱增强图像阈值法、面向对象监督分类法等RS技术，其应用于分别提取了九龙江河口1996年和2010年两个年份的TM遥感影像数据，解译总体精度分别是83.75%和81.13%，表明该方法应用于提取九龙江河口湿地信息基本可行。

九龙江河口湿地景观格局动态变化明显。养殖场和水塘水库等人工湿地的总面积增加，由1996年的47.88%增加至2010年的56.41%。包括红树林、泥滩、沙滩、湖泊的自然湿地的总面积减少，由1996年的52.12%减少至2010年的43.59%。自然湿地转化为人工湿地的趋势明显。红树林和养殖场的面积增加幅度较大，分别为73.93%和41.72%。1996年至2010年，斑块类型水平上，红树林的面积增大，聚集度和连通性增强，形状的复杂程度上升，受人为破坏和影响的程度减小；泥滩的面积大幅下降，有明显的破碎特征，连通性较差，且受到人类活动的影响较大；沙滩的面积大幅下降，最大斑块优势性下降；湖泊的状态稳定；水塘水库的分布破碎且大小均匀；养殖场的面积大幅增加，有明显的聚集特征，最大斑块优势性增强。在景观水平上，整个九龙江河口湿地间的连通性降低，破碎程度上升；香农多样性指数SHDI上升了0.0486。经济发展、人口增长与政策因素是导致近20

年来九龙江河口湿地景观格局动态变化的主要驱动力。

1996年至2010年,九龙江河口湿地生态系统服务价值、碳储量和蓝碳明显增加,表明九龙江河口湿地生态系统提供人类的直接或间接的服务、功能和效益明显增加。1996年至2010年,整个九龙江河口湿地的生态系统服务价值量增加了3689.50万元,增幅达30.87%;碳储量增加了11.40 万吨,增幅达21.58%;蓝碳总储量增加了2.07 万吨,主要由红树林湿地面积增加引起,蓝碳总价值量增加了103.31 万元,增幅达21.35%。

关键词: 九龙江河口; 湿地; 景观格局; 碳储量; 蓝碳

Abstract

Estuarine wetland is one of the most significant ecosystems on earth. Its carbon stock accounts for 20%-30% of the total soil carbon library, which exerts a profound influence on the global carbon cycle and climate change. Jiulong River estuary wetland provides a huge ecosystem services, function and values, also stores a large amount of soil organic carbon and precious blue carbon. With the development of economy and population growth, Jiulong River estuarine wetlands are confronted with more and severer threats. Therefore, the Jiulong River estuary area was chosen as the study area, the estuarine wetland was extracted using remote sensing technique, and subsequent dynamics of wetland ecosystem service value, carbon stock and blue carbon were further explored, thus helping to provide the optional technique for remote sensing of estuarine wetland and the useful facts and evidence for the sustainability of the wetland economy development.

Remote sensing technique, landscape ecology and environmental economics methods were coupled in this study to extract the spatial data concerning estuarine wetlands in 1996 and 2010, then the dynamics and driving force were analyzed. Furthermore, the dynamics of wetland ecosystem service values, carbon stock and blue carbon were explored. The followings are the major conclusions:

An approach of remote sensing of estuarine wetlands involving band spectrum enhancement method and object-oriented supervised classification was firstly established and then applied to classify the landsat TM images in 1996 and 2010. The assessment accuracy is 83.75% and 81.13%, respectively, which suggests that this proposed approach is feasible and viable.

The dynamic changes of Jiulong River estuarine wetlands landscape are distinct over time. From 1996 to 2010, the area of artificial wetlands including fishing farms and ponds increased from 47.88% to 56.41% whereas the area of natural wetlands including mangroves, mudbanks, sandbanks and lakes decreased from 52.12% to 43.59%. The area of both mangroves and fishing farms drastically increased by 73.93% and 41.72%, respectively. At the level of class with regards to landscape pattern metrics, the area of mangroves increased, the degree of fragmentation became lower, all the shape complexity, concentration and connectivity increased, demonstrating that mangroves are suffering from less human impacts or damages; the area of mudbanks decreased drastically, underwent more intensive human activities

and damages, obvious fragmentation and pool connectivity are detected; the area of sandbanks decreased, the largest patch has a tendency to deteriorate; the area of lakes increased, the status is steady; the area of ponds increased, has obvious fragmentation; the area of fishing farms increased a lot, has a certain degree of concentration, the largest patch has a tendency to meliorate. At the level of land metrics, Jiulong River estuarine wetlands' connectivity has a tendency to deteriorate, the degree of fragmentation increased, and the Shannon's Diversity Index rises by 0.0486, the status of wetland species is steady. All these dynamic changes of landscape are mainly driven by economics developments, increasing populations and polictics.

The overall estuarine wetland ecosystem service value increased. Meanwhile, the soil carbon stock and the value of blue carbon increased. From 1996 to 2010, the overall ecosystem service value of Jiulong River estuarine wetlands increased by 30.87% with amount of 3.69×10^7 RMB; the soil carbon stock of Jiulong River estuary wetlands increased by 21.58% with amount of 1.14×10^5 t; the total blue carbon stock and value increased by 21.35% with amount of 1.03×10^6 RMB.

Key words: Jiulong River estuary; wetland; landscape pattern analysis; carbon stock; blue carbon

目 录

中文摘要.....	II
英文摘要.....	III
第 1 章 绪论	1
1.1 选题意义和背景	1
1.1.1 选题背景.....	1
1.1.2 研究意义.....	2
1.2 国内外研究进展	3
1.2.1 湿地的研究.....	3
1.2.2 全球碳循环.....	6
1.2.3 土地利用与碳循环.....	8
1.2.4 河口湿地与碳循环.....	9
1.2.5 蓝碳.....	11
1.2.6 生态系统功能、服务和价值.....	14
1.2.7 生态系统服务评价与河口湿地.....	18
1.2.8 存在问题分析.....	19
1.3 研究目标、内容及技术路线.....	20
1.3.1 研究目标.....	20
1.3.2 研究内容与技术路线.....	20
1.4 论文结构安排	21
第 2 章 研究区概况、数据来源、研究方法	22
2.1 研究区概况	22
2.1.1 九龙江河口自然概况.....	22
2.1.2 社会经济概况.....	26
2.2 数据及资料来源	28
2.2.1 遥感数据来源.....	28
2.2.2 社会经济、生态数据处理.....	29
2.3 研究方法	29
2.3.1 RS 分析技术.....	29

2.3.2 景观格局分析.....	33
2.3.3 土地利用转移矩阵.....	36
2.3.4 生态系统服务价值、碳储量和蓝碳价值量的估算方法.....	36
第 3 章 基于 GIS 和 RS 技术的湿地空间信息的提取	38
3.1 湿地信息的提取方法	38
3.1.1 遥感图像数据预处理.....	38
3.1.2 分类系统及解译标志的建立.....	38
3.1.3 野外调查.....	40
3.1.4 技术路线.....	42
3.2 湿地信息的提取过程	40
3.2.1 泥滩信息的提取.....	43
3.2.2 沙滩信息的提取.....	44
3.2.3 红树林信息的提取.....	45
3.2.4 水体、湖泊水库和养殖场信息的提取.....	47
3.3 湿地信息提取结果	50
3.4 精度评价	51
3.5 本章小结	52
第 4 章 九龙江河口湿地景观格局时空动态变化.....	53
4.1 景观格局时空动态分析	53
4.1.1 1996 年九龙江河口湿地景观格局.....	53
4.1.2 2010 年九龙江河口湿地景观格局.....	57
4.2 九龙江河口湿地时空变化	61
4.2.1 1996 和 2010 年九龙江河口湿地的时空变化结果.....	61
4.2.2 1996 和 2010 年九龙江河口湿地的土地利用转移矩阵分析.....	66
4.3 驱动力分析	68
4.4 讨 论	73
4.5 本章小结	75
第 5 章 九龙江河口湿地生态系统服务价值和碳储量的动态变化.....	77
5.1 九龙江河口湿地生态系统服务价值	77
5.1.1 九龙江河口湿地生态系统服务价值方法构建.....	77
5.1.2 1996 年九龙江河口湿地生态系统服务价值.....	79
5.1.3 2010 年九龙江河口湿地生态系统服务价值.....	79

5.1.4 1996 年和 2010 年九龙江河口湿地生态系统服务价值的变化.....	80
5.2 九龙江河口湿地碳储量.....	80
5.2.1 九龙江河口湿地碳储量估算方法构建.....	81
5.2.2 1996 年九龙江河口湿地碳储量.....	81
5.2.3 2010 年九龙江河口湿地碳储量.....	82
5.2.4 1996 年和 2010 年九龙江河口湿地碳储量的变化.....	82
5.3 九龙江河口湿地蓝碳储量和价值.....	83
5.3.1 九龙江河口湿地蓝碳储量和价值估算方法构建.....	83
5.3.2 1996 年九龙江河口湿地蓝碳储量和价值.....	84
5.3.3 2010 年九龙江河口湿地蓝碳储量和价值.....	85
5.3.4 1996 年和 2010 年九龙江河口湿地蓝碳储量和价值的变化.....	86
5.4 讨 论	87
5.5 本章小结	89
第 6 章 结论与展望	91
6.1 结论	91
6.2 展望	92
参考文献.....	93
致 谢.....	107
硕士学习期间参加课题与论文发表情况.....	108

Table of Contents

Abstract in Chinese	II
Abstract in English	III
CHAPTER 1 INTRODUCTIONS	1
1.1 Background and Study Significance	1
1.1.1 Background	1
1.1.2 Study Significance	2
1.2 Study Progress	3
1.2.1 Wetlands	3
1.2.2 Global Carbon cycle	6
1.2.3 Land use / cover change and Carbon cycle	8
1.2.4 Estuarine wetlands and Carbon cycle	9
1.2.5 Blue Carbon	11
1.2.6 Ecosystem services、 function and value.....	14
1.2.7 The value of ecosystem services and estuarine wetland	18
1.2.8 The unsettled matters of previously researchs	19
1.3 Study objective, contents and technical route	20
1.3.1 Study objective.....	20
1.3.2 Contents and Technical Route.....	20
1.4 Article outline	21
CHAPTER 2 STUDY AREA, DATA SOURCE AND RESEARCH ...	22
2.1 Study Area	22
2.1.1 Natural general condition of the Jiulong River basin	22
2.1.2 Social-economic general condition of the Jiulong River basin	26
2.2 Data source	28
2.2.1 Remote sensing data source	28
2.2.2 Social-economic data source and processing.....	29

2.3 Research methods	29
2.3.1 GIS analysis	33
2.3.2 Landscape metrices analysis	36
2.3.3 Estimation method of ecosystem value, carbon stock and blue carbon value	36
CHAPTER 3 EXTRACTION OF WETLAND INFORMATION BASED ON GIS AND RS TECHNIQUE	38
3.1 The establishment of interrpretion standard	36
3.1.1 Pre-processing of data.....	36
3.1.2 The classification standard.....	37
3.1.3 Field investigation.....	39
3.1.4 Technique route.....	39
3.2 Extraction processing	40
3.2.1 Extraction of mudbanks	40
3.2.2 Extraction of sandbanks.....	42
3.2.3 Extraction of mangroves	44
3.2.4 Extraction of lakes、 fishing farms and ponds.....	46
3.3 Extraction results	49
3.4 Accuracy assessment.....	49
3.5 Summary.....	51
CHAPTER 4 DYNAMICS OF WETLANDS LANDSCAPE PATTERN IN JIULONG RIVER ESTUARY	53
4.1 Landscape pattern analysis	53
4.1.1 Results of Landscape pattern analysis in 1996	53
4.1.2 Results of Landscape pattern analysis in 2010	57
4.2 Dynamics of landscape metrics between 1996 and 2010	61
4.2.1 Dynamics of wetland Landscape pattern between 1996 and 2010	61
4.2.2 Transition matrix analysis of wetland Landscape pattern between 1996 and 2010.....	66

4.3 Driving force analysis	68
4.4 Discussion	73
4.5 Summary	75
CHAPTER 5 DYNAMICS OF WETLAND ECOSYSTEM SERVICE	
VALUES	77
5.1 Wetland ecosystem service value	77
5.1.1 The method of measuring wetland ecosystem service value	77
5.1.2 Wetland ecosystem service value in 1996	78
5.1.3 Wetland ecosystem service value in 2010	79
5.1.4 Changes of wetland ecosystem service value between 1996 and 2010	
.....	80
5.2 Wetland carbon stock	80
5.2.1 The method of measuring wetland carbon stock	81
5.2.2 Wetland carbon stock in 1996	81
5.2.3 Wetland carbon stock in 2010	82
5.2.4 Changes of wetland carbon stock between 1996 and 2010	82
5.3 Wetland blue carbon stock and value	83
5.3.1 The method of measuring wetland blue carbon stock and value	83
5.3.2 Wetland blue carbon stock and value in 1996	84
5.3.3 Wetland blue carbon stock and value in 2010	85
5.3.4 Changes of blue carbon stock and value between 1996 and 2010	86
5.4 Discussion	87
5.5 Summary	89
CHAPTER 6 CONCLUSION AND PROGRESS	91
6.1 Conclusions	91
6.2 Deficiencies of research and future work	92
REFERENCES	93
ACKNOWLEDGEMENTS	107
PROGRAMS AND ACHIEVEMENTS	108

第一章 绪论

1.1 选题意义和背景

1.1.1 选题背景

湿地，地球上最重要的生态系统之一，仅占有整个地球表面面积的1%^[1]，陆地表面面积的5%-8%^[2]，却包含了2500 Pg的碳储量，占整个地球土壤碳库的20%-30%^[3]，是所有森林含碳量的两倍^[4]，大约占整个地球土壤库碳总量的20%-30%。在陆地有机物质流入海洋的过程中，有15%的有机物质是通过湿地流入海洋的^[5]。湿地土壤中储存了大量碳，每年也固定了大量的蓝碳，蓝碳是指被海洋或海岸有植被覆盖的生态系统，如潮间带泥沼、红树林、海草带，所固定、储存和释放的碳^[6]，蓝碳储存速率达每年18-1713 g/m²，相比陆地植物0.7-13.1 g/m²是十分可观的^[7]。因此湿地对全球碳循环有着十分重要的影响。

湿地是一个脆弱的生态系统，在过度的人为干扰及气候变化下，湿地的面积在急剧减少，到目前为止，全球已经丧失了一半面积的湿地，而剩余的大部分湿地也在退化过程中^[8]。1995年10月，原国际水禽与湿地研究局(IWRB)、美洲湿地局(AW)、亚洲湿地局(AWB)三个国际组织宣布合并建立“湿地国际”(Wetlands International)，加强对湿地的研究和保护。1992年，中国加入了《湿地公约》，并在1995-2003年开展了第一次全国湿地资源调查。全球范围内，湿地正受到日益广泛的关注。目前全球对湿地的科学研究主要围绕以下几个方面展开^[9,10]：(1)湿地的分类和评价；(2)湿地的监测、生态过程和恢复重建；(3)湿地对碳循环和全球气候变暖的影响。

土地利用/覆被变化(Land Use / Cover Change, LUCC)是一个把土地的自然生态系统变为人工生态系统的过程，是自然、经济、社会诸因子综合作用的复杂过程^[11]。LUCC 过程中蕴含着大量人类活动和自然环境的信息，对于揭示区域人-地关系演变规律具有重要的意义^[12,13]。在世界范围内，LUCC占有类活动碳排放的1/5，同时它的变化决定了碳源和碳汇在地球表面的分布^[14]。1850-1990年间，土地利用变化导致124 Pg碳释放到大气中，约相当于同期化石燃料燃烧释放量的一半^[15]。由于土地利用变化导致碳排放和对碳循环的作用机理十分复杂，而

且具有多种不确定性因素。在中国,如海岸流域LUCC正受到城市化、发展农业和砍伐植被等人类活动的严重影响而变化巨大^[14],因此LUCC因素成为全球碳循环研究的热点和难点之一。

在《联合国气候变化框架公约》中,气候变化是指在相当长一段时间内,在自然气候变化之外由人类活动直接或间接改变全球大气组成所导致的气候改变^[16]。自1850年以来,由于人类大量燃烧化石燃料以及土地利用方式的改变,大气中二氧化碳,甲烷等气体浓度有了明显的增长,这些温室气体浓度的增加不仅造成全球变暖,并且引发一系列其他气候变化,包括极端气候现象频发,全球降雨模式改变等,对全球生态系统有着深远的影响,从而影响人类的生存及福祉^[3]。二氧化碳和甲烷的释放和吸收是全球碳循环的重要组成部分,从这个意义上讲,气候变化与全球碳循环息息相关。在此背景下,定量研究全球温室气体的收支平衡及其控制机制已成为各国众多重大环境科学研究计划关注的热点问题,如国际地圈—生物圈计划(International Geosphere-Biosphere Program, IGBP)、世界气候研究计划(World Climate Research Program, WCRP)、全球变化与陆地生态系统(Global Change and Terrestrial Ecosystem, GCTE)等。

1.1.2 研究意义

湿地生态系统在调蓄洪水、净化水质、调节气候、维持生物多样性和区域生态安全等方面发挥着巨大作用,对地区、区域乃至全球气候变化、经济发展和人类生存环境有着重要的影响,湿地的生态系统服务与功能直接关乎人类的福祉^[17]。另外,湿地在全球碳循环中扮演重要作用,它拥有巨大的土壤碳储量。在全球变暖背景下,湿地生态系统作为碳“源”或“汇”与全球变暖有直接关系。滨海河口湿地,包括红树林、潮间带泥沼、海草等,是重要的湿地类型,其土壤中储存着大量的碳,而且每年也能固定大量的蓝碳,但对于其碳储量仍知之甚少。

九龙江河口湿地位于我国经济发达的东南沿海福建省南部地区,是我国重要湿地之一,被列入《中国湿地保护行动计划》重要湿地名录^[18]。该湿地具有丰富的生物多样性和景观特殊性,分布有福建省最大面积的红树林,在九龙江河口两岸发挥着重要的生态系统服务、功能和经济价值。随着工业经济的发展,九龙江河口湿地也面临着越来越严重的威胁,面积不断缩小,生物多样性呈下降趋势;随着周边人口增加和区域经济的发展,沿岸工业污水、生活废水随意排放,加上

不合理围垦、超容量养殖等，已造成湿地生态恶化；特别是近年来快艇客运运输的快速发展，造成航道两边滩涂严重侵蚀，导致红树林浮根倾倒，堤坝受损，威胁着周边人民的生命和财产安全，九龙江河口湿地生境日益受到严重的破坏。

因此，本文以九龙江流域河口为目标区，基于遥感影像技术提取河口区域湿地信息，剖析河口湿地生态系统服务价值、碳储量和蓝碳的时空动态变化，为全球变暖与碳循环研究提供湿地遥感监测方面的技术支持，为湿地经济可持续发展提供依据。

1.2 国内外研究进展

1.2.1 湿地的研究

1.2.1.1 湿地的概念和分类

《湿地公约》中对湿地的定义为：湿地系指不问其为天然或人工、常久或暂时之沼泽地、湿原、泥炭地或水域地带，带有或静止或流动、或为淡水、半咸水或咸水水体者，包括低潮时水深不超过六米的水域。目前有代表性的分类有：《湿地公约》1990年制定的湿地分类系统、美国分类系统、加拿大全国湿地分类系统等^[19]。1995-2001年我国林业局组织了第一次全国湿地资源调查，将我国湿地分为滨海湿地、河流湿地、湖泊湿地、沼泽湿地和库塘湿地5大类28型^[20]，其中滨海湿地类型和定义见表1-1：

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库